

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПРИСВОЕНИЯ НАИМЕНОВАНИЙ ОСТАНОВОЧНЫМ ПУНКТАМ МАРШРУТНОЙ СЕТИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ



Р.Н. Сафиуллин



А.С. Парра

В статье предложен методологический подход к формированию автоматизированной системы для присваивания наименований остановочным пунктам, имеющий описательный и согласованный характер. Система сочетает в себе обработку естественного языка, геолокацию, нечеткую логику и методы машинного обучения для генерации названий на основе таких критериев, как приоритет точки интереса, близость, пешеходная доступность и плотность населения.

Ключевые слова: остановочные пункты, маршрутная сеть, машинное обучение, планирование маршрутов, общественный транспорт

EDN: FPGLTA

Системы общественного транспорта играют важную роль в организации городской инфраструктуры. Планирование маршрутов общественного транспорта является сложной задачей и требует учета таких факторов, как расположение остановочных пунктов, частота обслуживания и доступность. Для эффективного управления маршрутами, остановочными пунктами и пассажиропотоками необходима четкая и понятная система наименования остановочных пунктов. Неправильные названия остановочных пунктов, дублирование остановок и отсутствие логической структуры могут привести к путанице и затруднениям для пассажиров. Автоматизация этого процесса

может повысить эффективность работы общественного транспорта, сократить расходы и улучшить качество обслуживания пассажиров.

Нечеткая логика применяется для решения проблем неопределенности в сложных системах, позволяя определять нечеткие множества, отражающие неточность реальных данных. Многие авторы использовали ее для оценки и выбора маршрутов и транспортных средств. Shen и др. [1] представили модель принятия решений, объединяющую метод Дельфи и последовательные нечеткие отношения предпочтений (CFPR), для оценки мультимодальных транспортных коридоров между Вьетнамом и Китаем. В работе

Сафиуллин Равиль Нуруллович, доктор технических наук, профессор кафедры транспортно-технологических процессов и машин Санкт-Петербургского Горного университета императрицы Екатерины II. Область научных интересов: интеллектуальные транспортные системы, моделирование, прогнозирование, автоматизированные системы, мониторинг транспортных средств (ТС), техническое состояние ТС, безопасность. Автор 58 научных работ. Имеет 19 патентов на изобретения.

Парра Ариас Сунильда, аспирант кафедры Транспортно-технологических процессов и машин Санкт-Петербургского Горного университета императрицы Екатерины II. Область научных интересов: интеллектуальные транспортные системы, моделирование, прогнозирование, автоматизированные системы, мониторинг ТС. Автор 15 научных работ.

Сорванов Александр Викторович, студент кафедры Транспортно-технологических процессов и машин Санкт-Петербургского Горного университета императрицы Екатерины II. Область научных интересов: интеллектуальные транспортные системы, моделирование, прогнозирование, безопасность. Автор двух научных работ.

Присяжнюк Михаил Сергеевич, кандидат технических наук, председатель Комитета Ленинградской области по транспорту, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация. Область научных интересов: интеллектуальные транспортные системы, моделирование, прогнозирование, мониторинг ТС. Автор двух научных работ.

Ли и др. [2] CFPR использован для выбора маршрута перевозки негабаритных грузов между Кореей и Балхашем. В работе Ратисаг и др. [3] применили комбинаторную оценку на основе расстояний (CODAS) [4] с интервальными нечеткими множествами для оптимизации маршрутов между Турцией и Германией. Meethom и Koohathongsumrit [5] разработали систему поддержки решений на основе нечетких чисел (FANP) и многослойного объектного программирования для ранжирования маршрутов. Liang и Meng [6] ввели интервальный и разработали TOPSIS для оценки автомобильных дорог. Park и др. [7] использовали нечеткие последовательные отношения предпочтения (CFPR) для оценки маршрутов доставки на основе доходов, затрат и удовлетворенности услугами.

Искусственные нейронные сети (ИНС) эффективны для изучения сложных закономерностей в больших объемах данных, что делает их идеальными для прогнозирования и оптимизации процессов [8]. В работе Alam и др. [9] применяются решения на основе ИНС определяются и оцениваются для определения наиболее эффективной модели прогнозирования внутреннего спроса для бюджетных авиакомпаний.

Методы и материалы

Присвоение названий остановочным пунктам в маршрутной сети общественного транспорта — сложная задача, включающая множество факторов, таких как географическое положение, историческая значимость, близость к достопримечательностям и соответствие существующим названиям. Традиционно этот процесс выполняется вручную, что отнимает много времени.

Обработка естественного языка (NLP) — направление искусственного интеллекта, позволяющее машинам понимать и генерировать человеческий язык. В данном случае она используется для анализа существующих названий, выявления закономерностей и создания новых связанных названий.

Геолокация позволяет определить точное местоположение остановочного пункта и его связь с близлежащими объектами, такими как улицы, достопримечательности или исторические места.

Существующие знания о решении конкретной задачи иногда трудно представить в виде набора дискретных значений. Например, булева логика оперирует дискретным множеством $\{0,1\}$, где принадлежность элемента к множеству определяется как $\mu_A(x)=1$, если x принадлежит множеству A , 0 в противном случае. Нечеткая логика представляет собой подход, который учитывает нечеткость наблюдаемых данных [10–12].

Утверждения или правила, связывающие функции принадлежности (ФП) каждой переменной с результатом, определяются, как правило, с помощью ряда правил «ЕСЛИ-ТО». Правила также взвешиваются по степени важности для их лингвистической переменной.

Этапы нечеткой логики (рис. 1).

В отличие от нечетких выводов, которые могут быть расплывчатыми и представлены степенями принадлежности к различным множествам, точный результат — это единое, определенное значение, которое может быть использовано непосредственно для принятия решений или управления.

Функция принадлежности определяет нечеткое множество для возможных значений каждого пара-

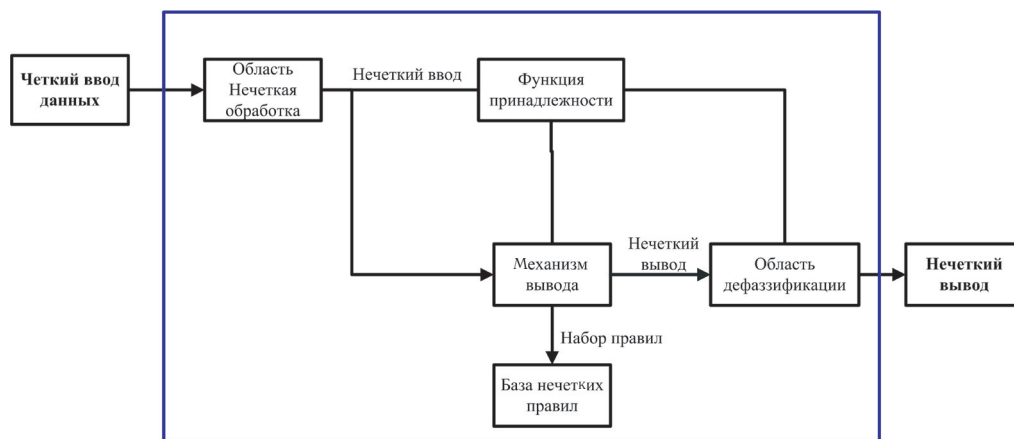


Рис. 1. Схема архитектуры нечеткой логики [11]

метра и задает степень принадлежности элемента к этому множеству [13]. Наиболее часто используемые функции принадлежности: треугольная, трапециевидная, сигмоидальная и гауссова. В данной методике будет использована гауссова функция для параметров, которые оцениваются при определении названий остановочных пунктов. В табл. 1 приведено описание формулы для этой функции принадлежности.

На рис. 2 показана последовательность этапов присвоения названий остановочным пунктам в маршрутной сети общественного транспорта.

На первом этапе (Сбор данных) собираются данные о существующих остановочных пунктах. Это включает в себя: названия остановочных пунктов (историческое и текущее), географическое местоположение (координаты, связь с маршрутами, учет данных о маршрутах, станциях, пересадочных пунктах и других транспортных объектах) и информацию о близлежащих объектах (достопримечательности, учреждения, такие как больницы, школы, магазины, вокзалы, парки и т. д., а также информация об улицах, перекрестках, зданиях, природных объектах и близлежащей инфраструктуре).

На этапе анализа данных собранные данные исследуются для выявления закономерностей: частоты использования названий, дублирования и схожести наименований, а также оценки восприятия названий пассажирами с помощью опросов и исследований.

На этапе группировки и формирования названий на основе анализа остановочные пункты группируются по географическому положению и характерным признакам (например, близости к известным объектам). Название формируется на основе существующих стандартов: используются однозначные, простые и информативные слова, отражающие местоположение. Затем каждое название проверяется на уникальность в базе данных, чтобы избежать дублирования.

На этапе определения приоритетов объектов для наименования выбор основного объекта осуществляется по следующим критериям: во-первых, с приоритетом «Очень высокий» выделяются транспортные узлы и инфраструктуры (железнодорожные вокзалы,

автостанции; станции метро, аэропорты; конечные остановочные пункты). Эти объекты являются ключевыми пересадочными пунктами. Во-вторых, с «высоким» приоритетом рассматриваются социально значимые объекты (больницы, поликлиники, школы, университеты, административные здания, такие как мэрия и районная администрация), так как они часто являются причиной поездки пользователей транспорта, путешественников). В-третьих, с «высоким» приоритетом в туристических районах и «средним» приоритетом в жилых районах выделяются культурно-исторические объекты (памятники, мемориалы; площади, набережные; театры, музеи, библиотеки). В-четвертых, с «средним» приоритетом, если нет более значимых объектов, находятся коммерческие и торговые объекты (торговые центры, рынки; универмаги, супермаркеты). В-пятых, с «средним» приоритетом, если объект является узнаваемой достопримечательностью, — природные объекты (парки, площади; реки, озера, лесопарки). В-шестых, с «низким» приоритетом — названия улиц и перекрестков, если в радиусе нет значимых объектов; и, наконец, с «низким» приоритетом, в качестве резерва, микрорайоны и жилые комплексы (названия районов, жилых комплексов).

На этапе проверки уникальности и адаптации убедитесь, что предлагаемое название не дублирует существующие остановочные пункты в городе или регионе. Если название не является уникальным, следует добавить пояснение. Названия должны быть адаптированы к местным языковым и культурным особенностям.

Были определены ключевые показатели, которые будут влиять на уместность названия и расположение остановочного пункта:

- приоритет точки интереса «Очень высокий» — транспортная инфраструктура, «Высокий» — социально значимые объекты (больницы, школы), туристические зоны, «Средний» — культурно-исторические объекты, коммерческие объекты (торговые центры, рынки), природные объекты (парки, реки), «Низкий» — названия улиц, перекрестков, кварталов и микрорайонов;

Таблица 1

Функции принадлежности

Функции принадлежности	Описание и формула
Гауссова	Определяется параметрами: среднее значение « c », стандартное отклонение « σ » $\mu(x) = e^{-\frac{(x-c)^2}{2\sigma^2}}$ (1)

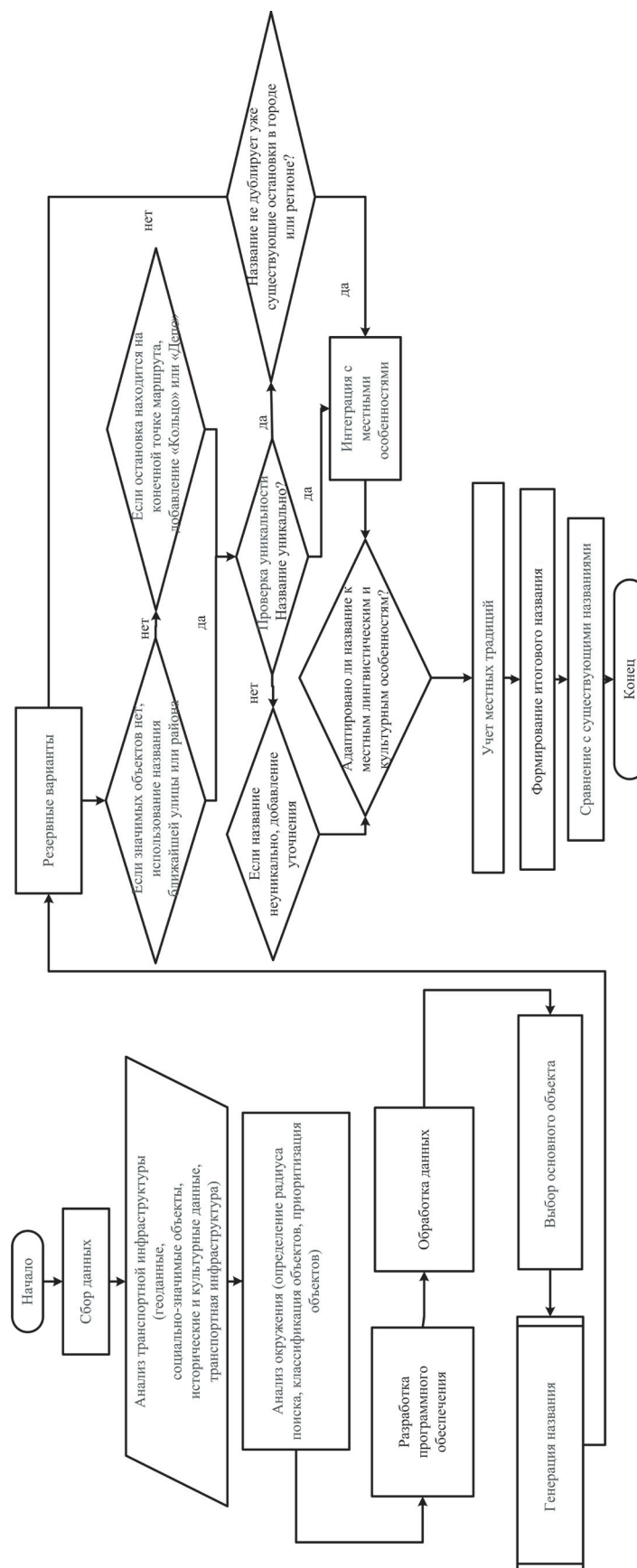


Рис. 2. Последовательность этапов наименования остановочных пунктов [составлено авторами]

- близость к достопримечательностям: расстояние до основного объекта;
- плотность населения: количество жителей на единицу площади;
- пешеходная доступность: легкость доступа к остановочному пункту пешком.

Для каждого показателя определены нечеткие множества, отражающие различные уровни желательности. В табл. 2 представлены все нечеткие множества.

Для каждого нечеткого множества задается функция принадлежности ($\mu(x)$), определяющая степень принадлежности конкретного значения к этому множеству. После определения функций принадлежности формируются нечеткие правила, которые связывают входные показатели с оценкой удобства названия.

Нечеткий результат преобразуется в числовое значение, отражающее степень соответствия названия.

Нейронная сеть представляет собой многослойный перцептрон (МЛП) с обратной связью. Она включает входной слой (4 нейрона: нормализованные значения — приоритет точки интереса, близость, плотность населения, пешеходная доступность), который принимает нормализованные геопространственные данные; скрытые слои (два полностью связанные слоя с 16 и 8 нейронами), каждый из которых использует функцию активации ReLU; а также выходной слой (один нейрон) с сигмоидальной функцией активации, выдающий вероятность (от 0 до 1) необходимости установки новой остановки в данной точке.

В процессе обучения, валидации и тестирования в качестве показателей статистической погрешности используются точность (accuracy), чувствительность (sensitivity), специфичность (specificity),

метрика среднеквадратичной ошибки (RMSE) [14;15]. Точность служит метрикой для измерения эффективности системы путем определения доли правильно идентифицированных тестовых данных по сравнению с общим количеством идентификаций. Кроме того, для представления ошибки прогнозирования используются другие показатели, включая коэффициент корреляции Пирсона (R), среднюю абсолютную ошибку (MAE), среднюю абсолютную процентную ошибку (MAPE), индекс дисперсии (SI), среднюю ошибку смещения (MBE) и (RMSE). Для оценки и сравнения моделей будут проанализированы результаты тестового этапа.

В качестве функции потерь в модели ИНС использовалась средняя квадратичная ошибка (MSE). MSE обычно используется в регрессионном анализе нейронных сетей. Она измеряет среднеквадратичную разницу между прогнозируемыми и экспериментальными данными, что позволяет оценить точность модели при подгонке данных. Ее можно выразить с помощью следующего уравнения (2)

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (E_j - A_j)^2, \quad (2)$$

где $(E_j - A_j)^2$ — квадрат разности между истинным значением E_j и предсказанным A_j ; N — количество наблюдений.

Корень из средней квадратичной ошибки (RMSE) представляет собой квадратный корень средней квадратичной ошибки (MSE) [16]. Его можно выразить следующим уравнением (3):

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (A_j - E_j)^2}. \quad (3)$$

Таблица 2

Диапазоны уровней параметров для обработки данных [составлено авторами]

Показатель	Диапазон уровней				Категория удобства
Приоритет	Низкий [0.0;0.5]	Средний [0.4;0.7]	Высокий [0.6;0.9]	Очень Высокий [0.8; 1.0]	Неподходящее Подходящий Очень подходящий
Близость к объектам интереса (метр)	Близко [0;200]	Средняя [150;400]	Далеко [350;600]	Очень Далеко [500;1000]	
Плотность населения (чел/км ²)	Низкая [0;100]	Средняя [80;200]	Высокая [180;300]	Очень Высокая [250;500]	
Пешеходная доступность (минут)	Легкая [0;5]	Средняя [4;10]	Трудная [9;15]	Очень Трудная [13;30]	

Для количественной оценки связи между экспериментальными данными и данными, предсказанными моделью использовался коэффициент корреляции (R). Он может быть выражен следующим уравнением (4).

$$R = \frac{\sum_{j=1}^N (E_j - \bar{E})(A_j - \bar{A})}{\sqrt{\sum_{j=1}^N (E_j - \bar{E})^2} \sqrt{\sum_{j=1}^N (A_j - \bar{A})^2}}, \quad (4)$$

где E_j , A_j – экспериментальные и предсказанные значения соответственно; $\bar{E}$, $\bar{A}$ – средние значения E_j и A_j .

После определения входных и выходных переменных данные подвергаются базовой визуализации. Это важно для различных целей, таких как обработка данных, изучение закономерностей и тенденций и представление результатов.

Результаты и обсуждение

Для проверки методики случайным образом выбрали три точки интереса для размещения автобусных остановок в Ленинградской области.

В табл. 3 указаны восемь выбранных точек интереса с их географическими координатами (см. рис. 3–10).

Для генерации названий остановочного пункта выбраны критерии: приоритет и близость к достопримечательностям. В табл. 4 представлены нечеткие множества, определенные для каждого показателя.

Для оценки удобства названия пунктов остановки используется гауссовская функция, позволяющая моделировать неопределенность и представляющая человеческое восприятие. Модель требует лишь два параметра (μ и σ), что упрощает ее адаптацию и улучшает применимость правил «ЕСЛИ-ТО».

Таблица 3

Расположение точек интереса [составлено авторами]

Точка интереса	Географические координаты
41К-083. Л.О	60.224747, 29.474389
Приморское шоссе, поселок Ушково, Курортный район, Санкт-Петербург	60.197240, 29.606037
Р-21 Кола, 104-й километр. Кисельнинское сельское поселение. Волховский район, Ленинградская область	59.985543, 32.061184
Развилка	60.368853, 30.353845
Ст. Громово	60.716285, 30.053126
Селезневский мост	60.758137, 28.628386
Куты	59.487844, 26.933925
Межно	59.3444028, 30.016470

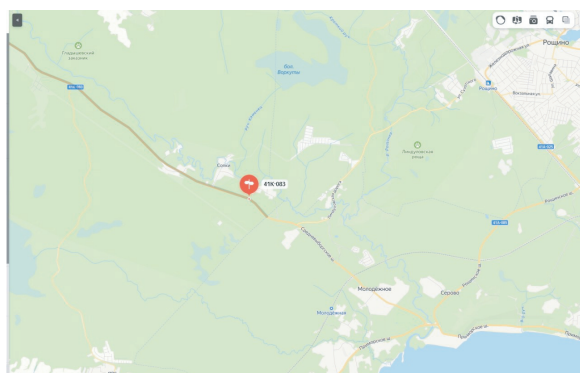


Рис. 3. Расположение точки интереса «41К-083. Л.О» на карте [составлено авторами]

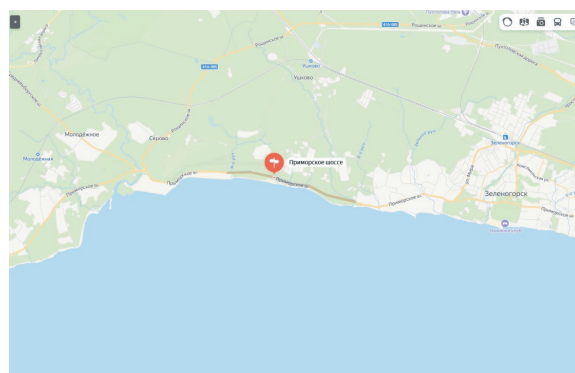


Рис. 4. Расположение точки интереса «Приморское шоссе, поселок Ушково, Курортный район, Санкт-Петербург» на карте [составлено авторами]

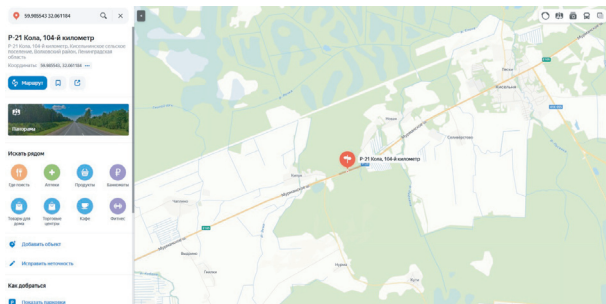


Рис. 5. Расположение точки интереса «Р-21 Кола, 104-й километр. Кисельнинское сельское поселение. Волховский район, Ленинградская область» на карте [составлено авторами]

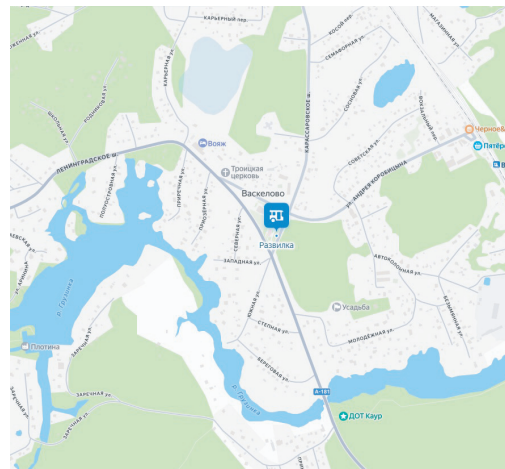


Рис. 6. Расположение точки интереса «Развилка»

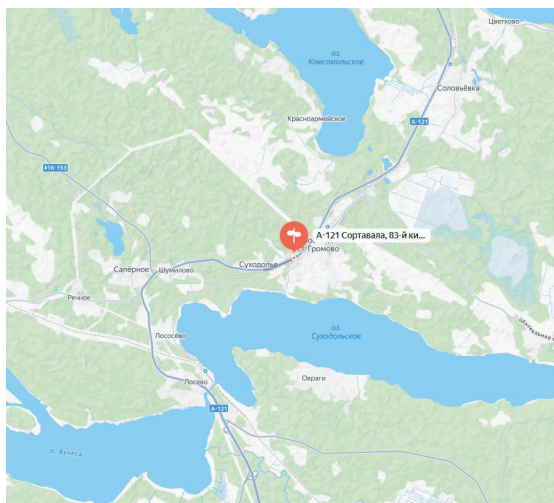


Рис. 7. Расположение точки интереса «Ст. Громово»

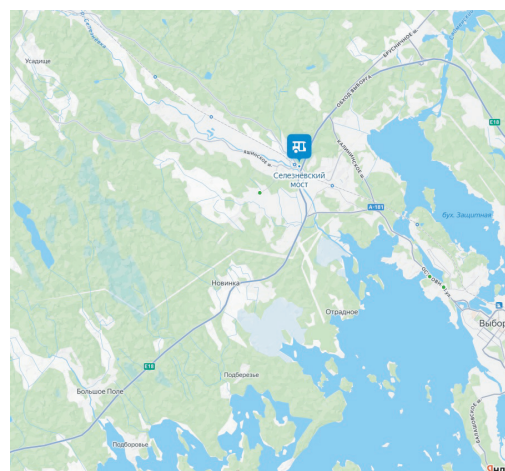


Рис. 8. Расположение точки интереса «Селезневский мост»

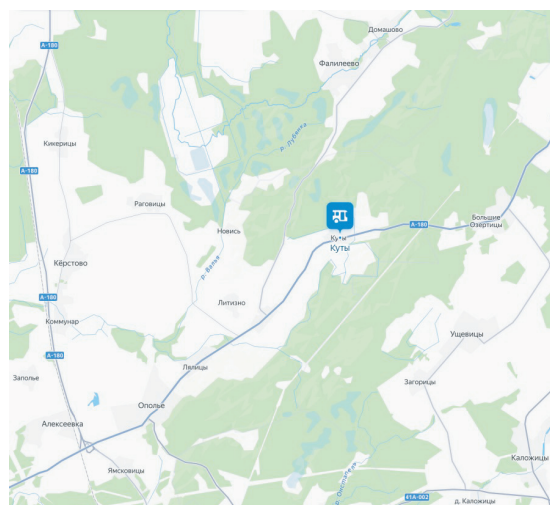


Рис. 9. Расположение точки интереса «Куты»

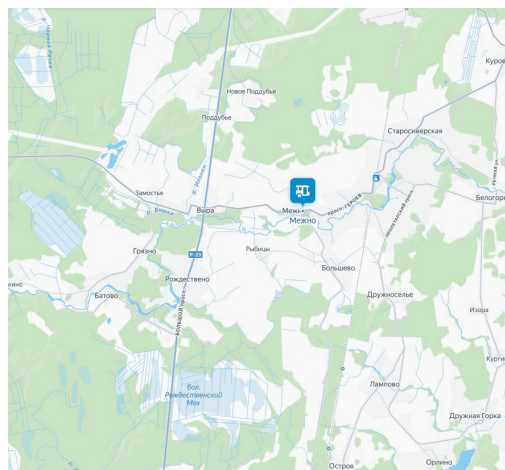


Рис. 10. Расположение точки интереса «Межно»

Лингвистические переменные (приоритет, близость) представлены гауссовыми функциями принадлежности (рис. 11,12).

Правила, установленные для данной работы, выглядят следующим образом:

- ЕСЛИ приоритет очень высокий И близость очень близкая, ТО название — Очень подходящее.
- ЕСЛИ приоритет высокий И близость близкая, ТО название — подходящее.
- ЕСЛИ приоритет средний И близость дальняя, ТО название — неподходящее.
- ЕСЛИ приоритет низкий ИЛИ доступность низкая, ТО название — плохо подходящее.

На рис. 13–20 показаны возможные названия сгенерированных остановочных пунктов для каждой точки интереса.

Методика создала описательные и устойчивые названия для всех остановочных пунктов. Можно сказать, что она сократила время, необходимое для их наименования, на 80% по сравнению с ручными методами. Тем не менее, предлагаются следующие методы оценки:

Онлайн-опросы/Фокус-группы: предъявление пар сгенерированных и существующих (или альтернативных) названий для оценки их ясности, информативности, легкости запоминания и предпочтения.

Тестирование в навигационных приложениях: Размещение сгенерированных названий в реальных или тестовых версиях транспортных приложений и анализ пользовательских метрик (количество ошибок при поиске маршрута, время планирования поездки, обратная связь).

Анализ запросов в справочных службах: сравнение частоты и характера запросов, связанных с путаницей в названиях остановок, до и после внедрения системы (на пилотных маршрутах)

Экспертная оценка удобства: привлечение специалистов по юзабилити и городской навигации.

По итогам исследования должно быть сформировано понятное и логически организованное наименование остановочных пунктов, что способствует: повышению удобства для пассажиров; упрощению работы диспетчерских служб и улучшению навигации в общественном транспорте.

Таблица 4

Диапазон уровней параметров для наименования остановочных пунктов
[составлено авторами]

Показатель	Диапазон уровней				Удобство
Приоритет	Низкий [0;5]	Средний [4;7]	Высокий [6;9]	Очень высокий [8; 10]	Неподходящее Подходящие Очень подходящее
Близость к объектам интереса	Близко [0;200]	Средний [150;400]	Далеко [350;600]	Очень далеко [500;1000]	

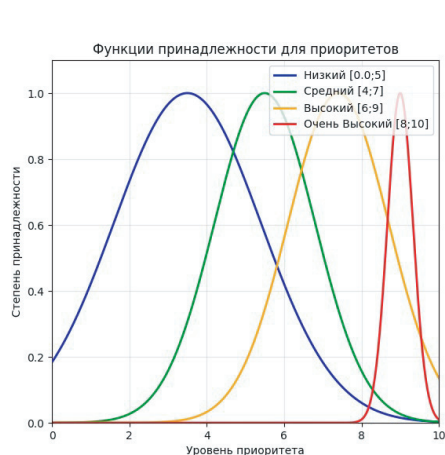


Рис. 11. График функции принадлежности для приоритета
[составлено авторами]

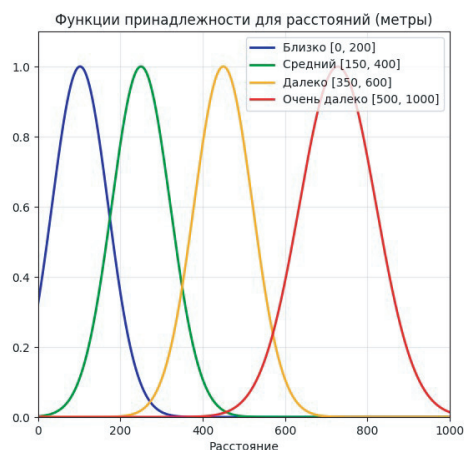


Рис. 12. График функции принадлежности для близости
к точке интереса [составлено авторами]

Генерация названий ОП

Широта: 60.224747
Долгота: 29.474389

Сгенерировать названия ОП

Предложенные названия ОП:

1. Серово
2. Молодёжное
3. Сопки
4. 41K-083 «Средневыборгское шоссе» 74 километр
5. Речная улица

Рис. 13. Названия для точки «41K-083. Л.О» [составлено авторами]

Генерация названий ОП

Широта: 60.197240
Долгота: 29.606037

Сгенерировать названия ОП

Предложенные названия ОП:

1. Ушково
2. Карельский перешеек
3. Suomenlahti / Soome laht / финский залив
4. Героя Советского Союза Ушкову Д. К.
5. Д.К.Ушкову
6. Чаша фонтана Йёргенса
7. Руины каменного моста в бывшем парке Йёргенса
8. Минская улица
9. Осиновый переулок
10. Приморское шоссе 68 километр

Рис. 14. Названия для точки «Приморское шоссе, поселок Ушково, Курортный район, Санкт-Петербург» [составлено авторами]

Генерация названий ОП

Широта: 59.985543
Долгота: 32.061184

Сгенерировать названия ОП

Предложенные названия ОП:

1. Юлпуй
2. Р-21 «Кола» 90 километр

Рис. 15. Названия для точки «Р-21 Кола, 104-й километр. Кисельнинское сельское поселение. Волховский район, Ленинградская область» [составлено авторами]

Генерация названий ОП

Широта: 60.368853
Долгота: 30.353845

Сгенерировать названия ОП

Предложенные названия ОП:

1. Васкелово
2. СНТ «Василёк»
3. Развилка
4. Почта
5. А-181
6. 41K-314 «Коросаровское шоссе» 49 километр
7. Детсадовский переулок
8. Приозёрная улица
9. Автоколонная улица
10. Приречная улица

Рис. 16. Названия для точки «Развилка» [составлено авторами]

Генерация названий ОП

Широта: 60.716285
Долгота: 30.053126

Сгенерировать названия ОП

Предложенные названия ОП:

1. Суходолье
2. Громова
3. посёлок станции Громова 1
4. А-121 «улица Леншоссе» 88 километр
5. А-121 «Пионерская улица»
6. А-121 «Сортавала»

Рис. 17. Названия для точки «Ст. Громова»

Генерация названий ОП

Широта: 60.758137
Долгота: 28.628386

Сгенерировать названия ОП

Предложенные названия ОП:

1. Выборг
2. Селезнёво
3. Селезнёвка
4. Форт опорный пункт лит. «Б» (Русская крепость Выборг)
5. 41K-462
6. 41K-462 «Сайменское шоссе» 130 километр
7. Пушкинская улица
8. А-181 «Скандинавия»
9. Селезнёвский мост

Рис. 18. Названия для точки «Селезневский мост»

Генерация названий ОП

Широта: 59.487844
Долгота: 28.933925

Сгенерировать названия ОП

Предложенные названия ОП:

1. Куты
2. А-180 «Нарва»

Рис. 19. Названия для точки «Куты»

Генерация названий ОП

Широта: 59.344928
Долгота: 30.018470

Сгенерировать названия ОП

Предложенные названия ОП:

1. Сиверский
2. Оредеж
3. Заречная улица
4. Межно
5. 41К-511
6. 41А-003
7. 41А-003 «проспект Героев»

Рис. 20. Названия для точки «Межно»

Настоящая работа закладывает методологическую основу и демонстрирует принципиальную работоспособность подхода, а его всесторонняя валидация и развитие (включая многоязычность) — предмет дальнейших этапов исследования и внедрения.

Выводы

Предложен комплексный подход к формированию автоматизированной системы наименования остановочных пунктов на междугородных маршрутах. Система сочетает в себе нечеткую логику, обработку естественного языка, геолокацию и методы машинного обучения для создания описательных и последовательных названий. Были определены ключевые показатели, влияющие на удобство названия и расположения остановки, а также нечеткие множества, отражающие различные уровни желательности.

В данном исследовании может быть рассмотрена интеграция методов глубокого обучения для дальнейшего повышения точности системы. 

Литература

1. Shen, L. et al. Transportation routes evaluation: A delphi and CFPR approach. J. Intell. Fuzzy Syst. 41 (4), 4841–4854. <https://doi.org/10.3233/jifs-189969>. 2021. <https://doi.org/10.3233/jifs-189969>.
2. Lu W., Choi S.-B., Yeo G.-T. Resilient route selection of oversized cargo transport: the case of South Korea–Kazakhstan // Int. J. Logist. Manag. Emerald Publishing Limited, 2022. Vol. 33, № 2. P. 410–430. <https://doi.org/10.1108/IJLM-11-2020-0445>.
3. Pamucar D., Görçün Ö., Küçükönder H. Evaluation of the routes election in international freight transportation by using the CODAS technique based on interval-valued Atanassov intuitionistic sets // Soft Computing. 2023. Vol. 27, № 5. P. 2325-2345. <https://doi.org/10.1007/s00500-022-07707-3>.
4. Deveci K., Cin R., Kağızman A. A modified interval valued intuitionistic fuzzy CODAS method and its application to multi-criteria selection among renewable energy alternatives in Turkey // Appl. Soft Comput. 2020. Vol. 96. P. 106660. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2020.106660>.
5. Meethom W., Koohathongsumrit N. A decision support system for road freight transportation route selection with new fuzzy numbers // foresight. Emerald Publishing Limited, 2020. Vol. 22, № 4. P. 505-527. <https://doi.org/10.1108/FS-10-2019-0090>.
6. Liang X., Meng X. An extended FTOPSIS method for freeway route selection in the pre-feasibility study stage // Phys. Stat. Mech. Its Appl. 2019. Vol. 526. P. 120871. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2019.04.107>.
7. Park Y. I. et al. Terminal Vitalization Strategy through Optimal Route Selection Adopting CFPR Methodology // Asian J. Shipp. Logist. 2019. Vol. 35, № 1. P. 41-48. <https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2019.03.006>.

8. Сафиуллин, Р. Н. Адаптивно-управляемый метод мониторинга экологических параметров беспилотных транспортных средств / Р. Н. Сафиуллин, В. А. Ефремова, В. Д. Чмутов. - Текст : непосредственный // Техничко-технологические проблемы сервиса. - 2024. - № 2(68). - С. 28-32. - EDN EJLUUE.
9. Alam M.S. et al. An artificial neural network for predicting air traffic demand based on socio-economic parameters // Decis. Anal. J. 2024. Vol. 10. P. 100382. <https://doi.org/10.1016/j.dajour.2023.100382>.
10. Buckley J. J., Eslami E. An Introduction to Fuzzy Logic and Fuzzy Sets. <https://doi.org/10.1007/978-3-7908-1799-7> // 2002.
11. Ohia N. P. et al. Artificial intelligence-driven fuzzy logic approach for optimal well selection in gas lift design: A brown field case study // Results Eng. 2025. Vol. 25. P. 103927. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.103927>.
12. Safiullin R. N., Safiullin R. R., Efremova V. A. Method of complex assessment of on-board information and control systems on mining machines. MIAB. Mining Inf. Anal. Bull. 2023;(9-1):49-63. [In Russ]. DOI: 10.25-018/0236_1493_2023_91_0_49.'.
13. Wang N., Chen M., Wang N. An Improved CBBA Generation Method Based on Triangular Fuzzy Numbers // Int. J. Comput. Intell. Syst. 2024. Vol. 17, № 1. P. 22. <https://doi.org/10.1007/s44196-023-00398-0>.
14. Chai T., Draxler R.R. Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)? – Arguments against avoiding RMSE in the literature // Geosci. Model Dev. 2014. Vol. 7, № 3. P. 1247–1250. <https://doi.org/10.5194/gmd-7-1247-2014>.
15. Ogunsina K., Okolo W.A. Artificial Neural Network Modeling for Airline Disruption Management // J. Aerosp. Inf. Syst. American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2022. Vol. 19, № 5. P. 382–393. <https://doi.org/10.2514/1.1011018>.
16. Izadgoshasb H. et al. Predicting Compressive Strength of 3D Printed Mortar in Structural Members Using Machine Learning // Appl. Sci. 2021. Vol. 11, № 22. <https://doi.org/10.3390/app112210826>.